



(10) **AT 515936 A4 2016-01-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50381/2014
 (22) Anmeldetag: 02.06.2014
 (43) Veröffentlicht am: 15.01.2016

(51) Int. Cl.: **F02B 37/00** (2006.01)
F02B 37/013 (2006.01)
F02B 41/10 (2006.01)
F02B 63/04 (2006.01)
F02B 63/06 (2006.01)
F02M 25/07 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 WO 2012021102 A1
 EP 2042705 A1
 WO 2012163955 A1
 DE 102007052118 A1
 WO 2010092945 A1
 JP S59141712 A
 EP 2087222 A2
 US 6324846 B1
 GB 2464500 A
 US 4665704 A

(71) Patentanmelder:
 AVL LIST GMBH
 8020 GRAZ (AT)
 (72) Erfinder:
 Pereira Braz Abrantes Ricardo Afonso Mestre
 8020 Graz (AT)
 Seitz Hans Felix Dipl.Ing.
 8044 Graz (AT)
 (74) Vertreter:
 BABELUK Michael
 1080 WIEN (AT)

(54) **BRENNKRAFTMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine (1), insbesondere Gasmotor, mit einem Einlasssystem (3), einem Auslasssystem (4) und zumindest einer Abgasrückführleitung (7) zwischen dem Auslasssystem (4) und dem Einlasssystem (3), sowie einem Abgasturbolader (9) mit einer in einem Abgasstrang (6) des Auslasssystems (4) angeordneten Abgasturbine (8), wobei seriell zur Abgasturbine (8) im Abgasstrang (6) eine Nutzturbine (12) angeordnet ist.

Um Verluste bei hohen Drehzahlen auf möglichst einfache Weise zu vermindern ist vorgesehen, dass der Abgasstrom durch die Nutzturbine (12) regelbar ist.

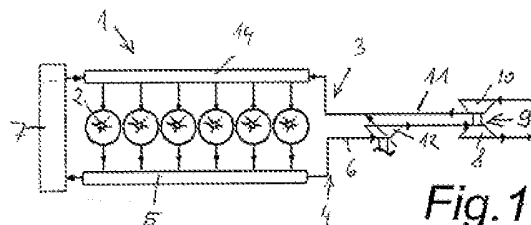


Fig. 1

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine (1), insbesondere Gasmotor, mit einem Einlasssystem (3), einem Auslasssystem (4) und zumindest einer Abgasrückführleitung (7) zwischen dem Auslasssystem (4) und dem Einlasssystem (3), sowie einem Abgasturbolader (9) mit einer in einem Abgasstrang (6) des Auslasssystems (4) angeordneten Abgasturbine (8), wobei seriell zur Abgasturbine (8) im Abgasstrang (6) eine Nutzturbine (12) angeordnet ist.

Um Verluste bei hohen Drehzahlen auf möglichst einfache Weise zu vermindern ist vorgesehen, dass der Abgasstrom durch die Nutzturbine (12) regelbar ist.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine, insbesondere Gasmotor, mit einem Einlasssystem, einem Auslasssystem und zumindest einer Abgasrückführleitung zwischen Auslasssystem und Einlasssystem, sowie einem Abgasturbolader mit einer in einem Abgasstrang des Auslasssystems angeordneten Abgasturbine, wobei seriell zur Abgasturbine im Abgasstrang eine Nutzturbine angeordnet ist. Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Brennkraftmaschine.

Aus der EP 2 087 222 B1 oder der US 6,324,846 B1 ist jeweils eine Brennkraftmaschine mit zumindest zwei Abgasturboladern bekannt, deren Abgasturbinen seriell in einem Abgasstrang angeordnet sind. Die GB 2 464 500 A offenbart ebenfalls eine Brennkraftmaschine mit hintereinander im Abgasstrang angeordnete Abgasturbinen mehrerer Abgasturbolader, wobei die Abgasturbinen regelbar ausgeführt sind.

Aus der US 4,665,704 A ist weiters eine Brennkraftmaschine mit einem Abgasturbolader bekannt, wobei stromabwärts der im Abgasstrang angeordneten Abgasturbine des Abgasturboladers eine Nutzturbine vorgesehen ist.

Bekannte Anordnungen mit nicht geregelten Nutzturbinen haben den Nachteil, dass es bei hohen Drehzahlen durch den zunehmenden Gegendruck zu einem rasches Ansteigen der Pumpverluste kommt. Um dies zu vermeiden, muss bei solchen Brennkraftmaschinen die Abgasturbine des Abgasturboladers kleiner als in Anordnungen ohne Nutzturbine ausgelegt werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, diese Nachteile zu vermeiden und Verluste bei hohen Drehzahlen auf möglichst einfache Weise zu vermindern.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass der Abgasstrom durch die Nutzturbine regelbar ist. Zur Regelung kann die Nutzturbine eine variable Turbinengeometrie oder ein Umgehungsventil (Waste Gate) aufweisen.

Vorzugsweise ist die Nutzturbine stromaufwärts der Abgasturbine des Abgasturboladers angeordnet. Jedoch ist auch eine Anordnung der Nutzturbine stromabwärts der Abgasturbine des Abgasturboladers möglich.

Die Abgasturbine kann eine variable Turbinengeometrie oder eine starre Turbinengeometrie mit einem Umgehungsventil (Waste Gate) aufweisen, wobei der Durchfluss der Abgasturbine oder die Turbinengeometrie der Abgasturbine jeweils so geregelt wird, dass die gewünschte Leistung der Brennkraftmaschine erzielt werden kann.

Wenn die Nutzturbine stromaufwärts der Abgasturbine des Abgasturboladers angeordnet ist, kann der Durchfluss der Nutzturbine mittels des Umgehungsventils oder mittels der variablen Turbinengeometrie geregelt werden, indem folgende Regelgrößen verwendet bzw. Grenzwerten oder Sollwerte folgender Größen definiert werden:

- Abgassammlerdruck als Absolutwert oder als Relativwert (zum Beispiel als Differenz oder Verhältnis zu einer Bezugsgröße, beispielsweise dem Ladedruck);
- Eintrittstemperatur der Abgasturbine des Abgasturboladers;
- Austrittstemperatur der Abgasturbine des Abgasturboladers;
- Eintrittsdruck der Abgasturbine des Abgasturboladers als Absolutwert oder als Relativwert (zum Beispiel als Differenz oder Verhältnis zu einer Bezugsgröße);
- Abgasrückführrate;
- Druckgefälle der Nutzturbine als Differenz zwischen dem Eintrittsdruck und dem Austrittsdruck der Nutzturbine;
- Ausgangsleistung der Nutzturbine.

Durch den begrenzten Anstieg des Gegendruckes bei hohen Drehzahlen kann der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine gesteigert werden kann. Weiters kann durch die Anordnung der Nutzturbine Stromaufwärts der Abgasturbine des Abgasturboladers ein Absenkung der Eintrittstemperatur der Abgasturbine erreicht werden.

Wenn die Nutzturbine stromabwärts der Abgasturbine des Abgasturboladers angeordnet ist, kann der Durchfluss der Nutzturbine mittels des Umgehungsventils oder mittels der variablen Turbinengeometrie geregelt werden, indem folgende Regelgrößen verwendet bzw. Grenzwerten oder Sollwerte folgender Größen definiert werden:

- Abgassammlerdruck als Absolutwert oder als Relativwert (zum Beispiel als Differenz oder Verhältnis zu einer Bezugsgröße, beispielsweise dem Ladedruck);
- Austrittstemperatur der Abgasturbine des Abgasturboladers;
- Austrittsdruck der Abgasturbine des Abgasturboladers als Absolutwert oder als Relativwert (zum Beispiel als Differenz oder Verhältnis zu einer Bezugsgröße);
- Abgasrückführrate;
- Druckgefälle der Nutzturbine als Differenz zwischen dem Eintrittsdruck und dem Austrittsdruck der Nutzturbine;
- Ausgangsleistung der Nutzturbine.

Die Anordnung der Nutzturbine stromabwärts der Abgasturbine des Abgasturboladers hat ebenfalls den Vorteil, dass eine Begrenzung der Pumpverluste erreicht werden kann, sodass bei hohen Drehzahlen der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine gesteigert werden kann.

Bei dieser Ausführung kann zur Erzielung der gewünschten Leistung der Brennkraftmaschine deren Ladedruck geregelt werden, indem die Turbinengeometrie der Nutzturbine verändert wird. Bei Volllastbetrieb wird beispielsweise die Turbinengeometrie der Nutzturbine so verändert, dass ein minimales Druckgefälle der Nutzturbine auftritt. Die Regelung des Ladedruckes über die Nutzturbine ermöglicht eine Steigerung des Turbinenwirkungsgrades der Abgasturbine des Abgasturboladers, da Verluste durch ein eventuelles Umgehungsventil vermieden werden.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Fig. näher erläutert.

Die Fig. 1, 2, 3 und 4 zeigen schematisch verschiedene Ausführungsvarianten der Erfindung.

Funktionsgleiche Teile sind in den Ausführungsbeispielen mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Die in den Fig. jeweils gezeigte - beispielsweise mit Gas betriebene - Brennkraftmaschine 1 weist mehrere Zylinder 2, ein Einlasssystem 3 für einen Einlassstrom und ein Auslasssystem 4 für einen Abgasstrom auf, wobei mit Bezugszeichen 5 ein Abgassammler bezeichnet ist, von welchem ein Abgasstrang 6 ausgeht. Zwischen dem Auslasssystem 4 und dem Einlasssystem 3 ist ein Abgasrückführsystem 7 zur Rückführung von Abgas angeordnet. In den Ausführungsbeispielen ist das Abgasrückführsystem 7 als Hochdruckabgasrückführung zwischen dem Abgassammler 5 des Auslasssystems 4 und dem Einlasssammler 14 des Einlasssystems 3 ausgebildet. Im Abgasstrang 6 ist eine Abgasturbine 8 eines Abgasturboladers 9 angeordnet, dessen Verdichter 10 im Einlassstrang 11 des Einlasssystems 3 angeordnet ist. Seriell zur Abgasturbine 8 ist im Abgasstrang 6 eine Nutzturbine 12 (Power Turbine) angeordnet, deren Abtriebswelle 13 mechanisch mit der Brennkraftmaschine 1, mit einer nicht weiter dargestellten Pumpe oder einem Generator zur Leistung von Arbeit verbunden sein kann.

Die Abgasturbine 8 und/oder die Nutzturbine Abgasturbine 12 können jeweils eine variable Turbinengeometrie aufweisen oder über ein Umgehungsventil (Waste Gate) umgehbar sein. Die Fig. 1 und 3 zeigen Ausführungsbeispiele, bei denen die Nutzturbine 12 eine variable Turbinengeometrie aufweist. Bei den Fig. 2 und 4 sind die Nutzturbinen 12 dagegen mit einem Umgehungsventil 13 (Waste Gate) ausgeführt, um eine Regelung bzw. Steuerung der Nutzturbine 12 zu ermöglichen.

Die Fig. 1 und 2 zeigen dabei Ausführungen, bei denen die Nutzturbine 12 stromaufwärts der Abgasturbine 8 des Abgasturboladers 9 angeordnet ist. Bei den in en Fig. 3 und 4 gezeigten Ausführungsbeispielen dagegen ist die Nutzturbine 12 stromabwärts der Abgasturbine 8 des Abgasturboladers 9 angeordnet.

Bei den in den Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungen mit einer stromaufwärts der Abgasturbine 8 angeordneten Nutzturbine 12 kann der Abgasstrom durch die Nutzturbine 12 in Abhängigkeit zumindest einer der folgenden Regelgrößen geregelt werden:

- Abgasdruck im Abgassammler 5 als Absolutwert oder als Relativwert (zum Beispiel als Differenz oder Verhältnis zu einer Bezugsgröße, beispielsweise dem Ladedruck);
- Eintrittstemperatur der Abgasturbine 8 des Abgasturboladers 9;
- Austrittstemperatur der Abgasturbine 8 des Abgasturboladers 9;
- Eintrittsdruck der Abgasturbine 8 des Abgasturboladers 9 als Absolutwert oder als Relativwert (zum Beispiel als Differenz oder Verhältnis zu einer Bezugsgröße);
- Abgasrückführrate des Abgasrückführsystems 7;
- Druckgefälle der Nutzturbine 12 als Differenz zwischen dem Eintrittsdruck und dem Austrittsdruck der Nutzturbine 12;
- Ausgangsleistung der Nutzturbine 12.

Bei den in den Fig. 3 und 4 dargestellten Ausführungen mit einer stromabwärts der Abgasturbine 8 angeordneten Nutzturbine 12 kann der Abgasstrom durch die Nutzturbine 12 in Abhängigkeit zumindest einer der folgenden Regelgrößen geregelt werden:

- Abgasdruck im Abgassammler 5 als Absolutwert oder als Relativwert (zum Beispiel als Differenz oder Verhältnis zu einer Bezugsgröße, beispielsweise dem Ladedruck);
- Austrittstemperatur der Abgasturbine 8 des Abgasturboladers 9;

- Austrittsdruck der Abgasturbine 8 des Abgasturboladers 9 als Absolutwert oder als Relativwert (zum Beispiel als Differenz oder Verhältnis zu einer Bezugsgröße);
- Abgasrückführrate des Abgasrückführsystems 7;
- Druckgefälle der Nutzturbine 12 als Differenz zwischen dem Eintrittsdruck und dem Austrittsdruck der Nutzturbine 12;
- Ausgangsleistung der Nutzturbine 12.

Durch jede der Ausführungen ergibt sich der Vorteil, dass eine Begrenzung der Pumpverluste des Abgasturboladers 9 erreicht werden kann, sodass bei hohen Drehzahlen der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine gesteigert werden kann.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Brennkraftmaschine (1), insbesondere Gasmotor, mit einem Einlasssystem (3), einem Auslasssystem (4) und zumindest einer Abgasrückführleitung (7) zwischen dem Auslasssystem (4) und dem Einlasssystem (3), sowie einem Abgasturbolader (9) mit einer in einem Abgasstrang (6) des Auslasssystems (4) angeordneten Abgasturbine (8), wobei seriell zur Abgasturbine (8) im Abgasstrang (6) eine Nutzturbine (12) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgasstrom durch die Nutzturbine (12) regelbar ist.
2. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Nutzturbine (12) stromaufwärts der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) angeordnet ist.
3. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Nutzturbine (12) stromabwärts der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) angeordnet ist.
4. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Nutzturbine (12) eine variable Turbinengeometrie aufweist.
5. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Nutzturbine (12) ein Umgehungsventil (13) aufweist.
6. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) eine variable Turbinengeometrie aufweist.
7. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) eine starre Turbinengeometrie aufweist, wobei vorzugsweise die Abgasturbine (8) ein Umgehungsventil aufweist.

8. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1), insbesondere eines Gasmotors, mit einem Einlasssystem (3), einem Auslasssystem (4) und zumindest einer Abgasrückföhrleitung (7) zwischen Auslasssystem (4) und Einlasssystem (3), sowie einem Abgasturbolader (9) mit einer in einem Abgasstrang (6) des Auslasssystems (4) angeordneten Abgasturbine (8), wobei seriell zur Abgasturbine (8) im Abgasstrang (9) eine Nutzturbine (12) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgasstrom durch die Nutzturbine (12) in Abhängigkeit einer Regelgröße geregelt wird.

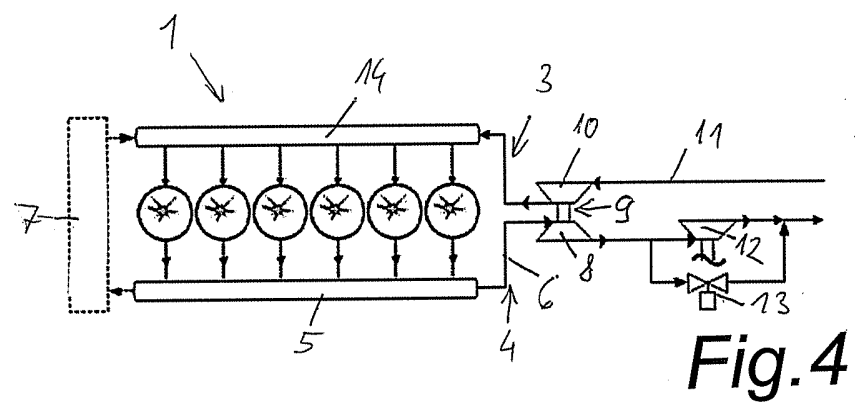
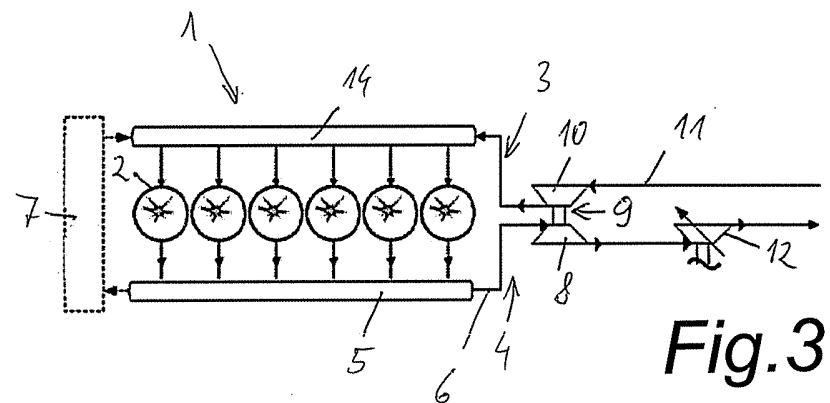
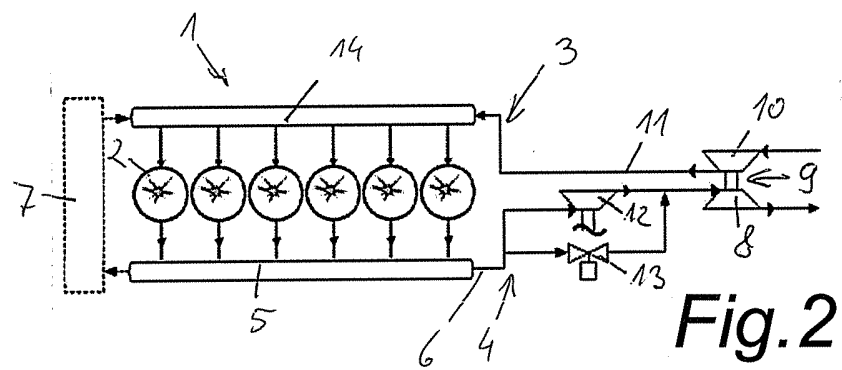
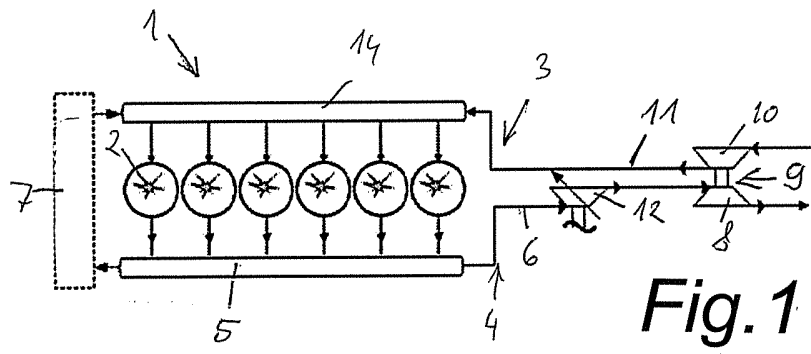
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass - wenn die Nutzturbine (12) stromaufwärts der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) angeordnet ist - die Regelgröße aus folgender Gruppe ausgewählt wird:
 - Abgasdruck in einem Abgassammler (5) des Auslasssystems (4);
 - Eintrittstemperatur der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9);
 - Austrittstemperatur der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9);
 - Eintrittsdruck der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9);
 - Abgasrückföhrrate des Abgasrückföhrsystems (7);
 - Druckgefälle der Nutzturbine (12);
 - Ausgangsleistung der Nutzturbine (12).

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass - wenn die Nutzturbine (1) stromabwärts der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) angeordnet ist - die Regelgröße aus folgender Gruppe ausgewählt wird:
 - Abgasdruck in einem Abgassammler (5) des Auslasssystems (4);
 - Austrittstemperatur der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9);
 - Austrittsdruck der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9);

- Abgasrückführrate des Abgasrückführsystems (7);
- Druckgefälle der Nutzturbine (12);
- Ausgangsleistung der Nutzturbine (12).

2014 06 02

Fu



(n e u e) P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Brennkraftmaschine (1), insbesondere Gasmotor, mit einem Einlasssystem (3), einem Auslasssystem (4) und zumindest einer Abgasrückführleitung (7) zwischen dem Auslasssystem (4) und dem Einlasssystem (3), sowie einem Abgasturbolader (9) mit einer in einem Abgasstrang (6) des Auslasssystems (4) angeordneten Abgasturbine (8), wobei seriell zur Abgasturbine (8) im Abgasstrang (6) eine Nutzturbine (12) angeordnet ist, wobei der Abgasstrom durch die Nutzturbine (12) regelbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Nutzturbine (12) stromaufwärts der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) angeordnet ist.
2. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Nutzturbine (12) stromabwärts der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) angeordnet ist.
3. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Nutzturbine (12) eine variable Turbinengeometrie aufweist.
4. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Nutzturbine (12) ein Umgehungsventil (13) aufweist.
5. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) eine variable Turbinengeometrie aufweist.
6. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) eine starre Turbinengeometrie aufweist, wobei vorzugsweise die Abgasturbine (8) ein Umgehungsventil aufweist.
7. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1), insbesondere eines Gasmotors, mit einem Einlasssystem (3), einem Auslasssystem (4) und zumindest einer Abgasrückführleitung (7) zwischen Auslasssystem (4) und Einlasssystem (3), sowie einem Abgasturbolader (9) mit einer in einem Abgasstrang (6) des Auslasssystems (4) angeordneten Abgasturbine (8),

wobei seriell zur Abgasturbine (8) im Abgasstrang (9) eine Nutzturbine (12) angeordnet ist, wobei der Abgasstrom durch die Nutzturbine (12) in Abhängigkeit einer Regelgröße geregelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass

- wenn die Nutzturbine (12) stromaufwärts der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) angeordnet ist - die Regelgröße aus folgender Gruppe ausgewählt wird:

- Abgasdruck in einem Abgassammler (5) des Auslasssystems (4);
- Eintrittstemperatur der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9);
- Austrittstemperatur der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9);
- Eintrittsdruck der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9);
- Abgasrückführrate des Abgasrückführsystems (7);
- Druckgefälle der Nutzturbine (12);
- Ausgangsleistung der Nutzturbine (12),

oder

- wenn die Nutzturbine (12) stromabwärts der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) angeordnet ist - die Regelgröße aus folgender Gruppe ausgewählt wird:

- Abgasdruck in einem Abgassammler (5) des Auslasssystems (4);
- Austrittstemperatur der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9);
- Austrittsdruck der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9);
- Abgasrückführrate des Abgasrückführsystems (7);

- Druckgefälle der Nutzturbine (12);
- Ausgangsleistung der Nutzturbine (12).

2015 06 17

Fu